

博士課程前期 2 年の課程
外国人留学生等特別選抜（令和 6 年 10 月入学）
一般選抜（令和 7 年 4 月入学）
専門科目試験問題（建築構造工学講座）

**Master's Program Entrance Examination
Special Selection Program for Foreign Students (for Entry in October 2024)
Regular Program (for Entry in April 2025)
Questions (Structural Engineering for Architecture Course)**

◆注意事項 / Notice

- (1) 配布物は以下の通りである。

Following sheets are distributed;

- 問題用紙 11 枚（表紙を除く） / 11 of question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 14 枚 / 14 of answer sheets

- (2) 解答用紙には、問題番号と受験番号のみを記入し、氏名を書いてはならない。受験番号のないもの、また、受験者の氏名の書いてある解答は無効となるので注意すること。

Write the question number of your answer and your examination identification number on the top of each answer sheet. Do NOT write your name. If you don't follow the directions, your answer will be invalidated.

- (3) 問題は全部で 6 問である。各問題に対し、別々の解答用紙に答えること。解答用紙は全部で 14 枚あるので、各問題に対して、複数の解答用紙を使用してもよい。

There are six (6) questions. Write the answer of each question on the different answer sheet(s). A set of fourteen (14) answer sheets is given. You can use two (2) or more answer sheets for one question, if necessary.

問題 1 片持ち梁型静定構造物に関する以下の問に答えなさい。(計 45 点)

Question 1 Answer the following questions regarding cantilevered beam. (Subtotal 45 marks)

図 1-1 に示す片持ち梁型静定構造物が A 点で壁に固定されている。部材 AB (部材長 2ℓ)、部材 BC (部材長 ℓ)、部材 CD (部材長 ℓ) は、いずれもヤング率 E 、せん断弾性係数 G で、図 1-2 に示す断面を有している。自由端となっている D 点に鉛直荷重 P が作用しており、部材自重は無視できるものとする。以下の問に答えなさい。

The cantilevered beam shown in Figure 1-1 is anchored to the wall at point A. Member AB (length: 2ℓ), member BC (length: ℓ), and member CD (length: ℓ) all have Young's modulus E and shear modulus G , and have the cross sections shown in Figure 1-2. A vertical load P is acting at point D, which is the free end, and the dead weight of the member is assumed to be negligible. Answer the following questions.

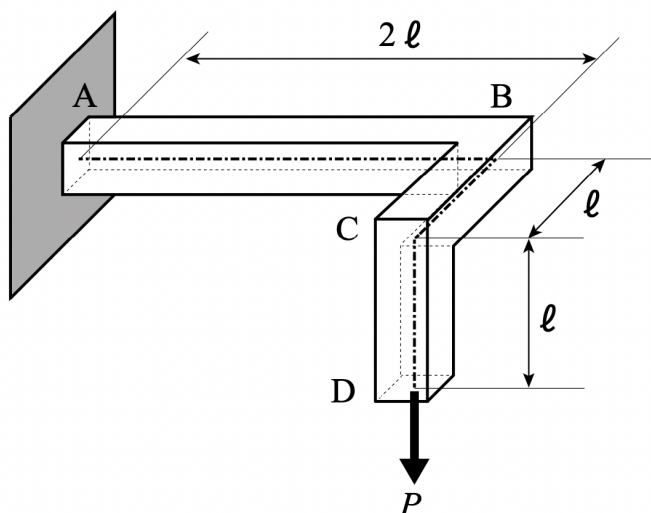


図 1-1
Figure 1-1

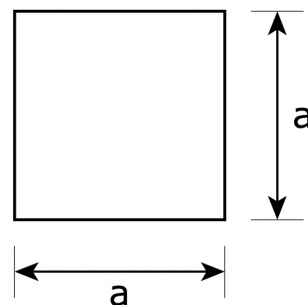


図 1-2
Figure 1-2

- (1) はじめに、部材 CD を取り出して考える。仮に C 点が固定されている吊り材として先端 D に鉛直荷重 P が作用しているものとしたとき、部材 CD の伸び量を、 E 、 a 、 P 、 ℓ を用いて求めなさい。ただし、接合部内の剛域は無視できる (部材 CD を長さ ℓ の部材に線材置換できる) ものとする。(9 点)

Considering only the member CD as a suspension column fixed at the point C with a vertical load P acting at point D, determine the amount of elongation of member CD using E , a , P and ℓ . Note that the rigid zone at joint shall be negligible (member CD can be assumed as a part of structural wire frame with the length ℓ). (9 marks)

- (2) つぎに、部材 BC を取り出して考える。仮に B 点が固定されている片持ち梁として C 点に鉛直荷重 P が作用しているものとしたとき、B 点の曲げモーメントの値、および、部材 BC の C 点の鉛直方向の変位を、 E 、 G 、 a 、 P 、 ℓ を用いて求めなさい。ただし、部材が傾くことによって幾何的に生じる軸力および剛域は無視できるものとする。(9 点)

Considering only the member BC as a cantilever beam fixed at point B with a vertical load P acting at point C, determine the value of the bending moment at point B, and the vertical displacement of point C of member BC using E , G , a , P and ℓ . Note that the geometrical axial forces caused by tilting of the member and rigid zone at joint shall be negligible. (9 marks)

- (3) 図 1-2 の断面を有する部材の，断面二次極モーメントを求めなさい。(9 点)

Determine the second polar moment of area of the member with the cross section shown in Figure 1-2. (9 marks)

- (4) 部材 AB を取り出して考える。片持ち梁 AB の B 点に鉛直荷重 P および問(2)で求めた曲げモーメントがねじりモーメントとして作用しているとき，B 点の鉛直方向変位，および，B 点のねじれ角を， E , G , a , P , ℓ を用いて求めなさい。ただし，部材が傾くことによって幾何的に生じる軸力および剛域は無視できるものとする。(9 点)

Considering only the member AB which is assumed to be a cantilever beam fixed at point A with a vertical load P and a torsional moment obtained in question (2) as a bending moment acting on point B, determine the vertical displacement at point B and torsional angle at point B using E , G , a , P , and ℓ . Note that the geometrical axial forces caused by tilting of the member and rigid zone at joint shall be negligible. (9 marks)

- (5) 図 1-1 に示す片持ち梁型静定構造物の D 点における鉛直方向の変位を， E , G , a , P , ℓ を用いて求めなさい。ただし，部材が傾くことによって幾何的に生じる軸力，せん断力，および剛域はそれぞれ無視できるものとする。(9 点)

Determine the vertical displacement at point D of the structure shown in Figure 1-1 using E , G , a , P , and ℓ . Note that the geometrical axial and shear forces caused by tilting of the member and rigid zone at joint shall be negligible. (9 marks)

問題 2 図 2 に示すような鉛直荷重 P の作用を受ける不静定平面架構の応力と変形に関する下記の問に答えよ。すべての部材のヤング係数は E であり、梁材(BD, DF, FG)と柱材(AB, CD, EF)の断面二次モーメントはそれぞれ $4I$ と $3I$ である。材のせん断および軸方向変形は無視して良い。節点 D はヒンジである。また、せん断力は部材を時計回りに回転させる方向、軸力は引っ張り、鉛直変位は下向き、たわみ角は時計回りを正方向とする。解答は結果だけでなく、考え方や計算の途中経過も示すこと。(計 75 点)

Question 2

Answer the following questions regarding the stress and deformation of a statically indeterminate frame subjected to a vertical force P . The Young's modulus of all the members are E . The moment of inertia of the beam members (BD, DF, and FG) and column members (AB, CD, and EF) are $4I$ and $3I$, respectively. The shear and axial deformation of members is negligible. The node D is a hinge. Shear force is considered positive when it rotates the member in a clockwise direction, tension is positive axial force, downward vertical displacement is positive, and clockwise nodal rotation is positive. Include not only the final result but also your reasoning and calculation process in the answer. (Subtotal 75 marks)

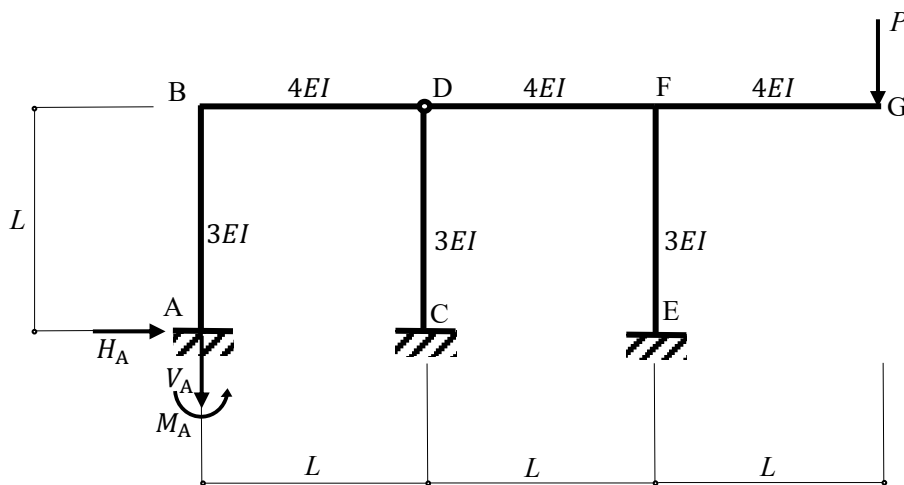


図 2 平面骨組

Figure 2 Plane Frame

- (1) A 点における反力 H_A, V_A, M_A を求めよ。(15 点)

Determine the reaction forces H_A, V_A , and M_A at the point A. (15 marks)

- (2) この平面架構の曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描け。各節点における値を図中に示し、せん断力図、軸力図については符号も示すこと。(45 点)

Draw the bending moment, shear force, and axial force diagrams. Indicate the values at each node in the diagram. The signs of the values of the shear and axial forces should be indicated. (45 marks)

- (3) F 点の回転角と G 点の鉛直変位を求めよ。(15 点)

Determine the angular displacement at the point F and the vertical displacement at the point G. (15 marks)

問題 3 建築鉄骨構造に関する以下の問に答えなさい。(計 55 点)

Question 3 Answer the following questions related to steel structures. (Subtotal 55 marks)

問題 3-1 図 3-1 に示すように、分布荷重と曲げモーメントを受ける H 形鋼梁が横座屈する場合を考える。図 3-1(a)は横補剛材（小梁）がない場合、図 3-1(b)は梁中央に横補剛材（小梁）が取り付けられている場合である。また、図 3-1(c)は図 3-1(b)の梁と横補剛材の接合部を示している。弾性横座屈荷重式は(3-1)式に示すとおりである。

$$M_{cr} = C \sqrt{\frac{\pi^4 E I_y E I_w}{l_b^4} + \frac{\pi^2 E I_y G J_T}{l_b^2}} \quad (3-1)$$

ここで、 $E I_y$ ：梁の弱軸回りの曲げ剛性、 $E I_w$ ：梁の曲げねじり剛性、 $G J_T$ ：梁のねじり剛性、 l_b ：横補剛材間長さ、 C ：モーメント修正係数である。

次の問いに答えよ。(40 点)

Question 3-1 Consider the lateral buckling of an I-shaped beam subjected to a distributed load and a bending moment, as illustrated in Figure 3-1. Figure 3-1(a) depicts a case without lateral bracing (sub beam), while Figure 3-1(b) shows a case where lateral bracing (sub beam) is attached at the center of the beam. Figure 3-1(c) details the joint between the beam and the lateral bracing, as shown in Figure 3-1(b). The equation for the elastic lateral buckling load is given in Equation (3-1). In Equation (3-1), $E I_y$: bending stiffness of the beam around the weak axis, $E I_w$: bending torsional stiffness of the beam, $G J_T$: torsional stiffness of the beam, l_b : length between lateral bracings, C : moment modification factor.

$$M_{cr} = C \sqrt{\frac{\pi^4 E I_y E I_w}{l_b^4} + \frac{\pi^2 E I_y G J_T}{l_b^2}} \quad (3-1)$$

Answer the following questions. (40 marks)

(1) (3-1)式におけるルート内の第一項と第二項は、梁の横座屈におけるどのような現象に対する剛性かを説明せよ。

Explain how the stiffnesses represented by the first and second terms inside the square root in Equation (3-1) are related to the phenomenon of lateral buckling of the beam.

(2) (3-1)式におけるルート内の第一項のみを取り出して式展開することで、圧縮フランジの曲げ座屈荷重式となることを示せ。

Describe how Equation (3-1) can be converted to the flexural buckling load equation for a compression flange by isolating and expanding only the first term within the square root.

(3) 図 3-1(a), (b)に作用する梁の曲げモーメント分布を概略的に示すとともに、座屈変形が最大となる箇所を示せ。その際、上フランジ、下フランジのどちらがより大きな座屈変形となるかを示すこと。ただし、分布荷重による曲げモーメントの最大値は、梁端で生じる曲げモーメントの最大値よりも小さいものとする。

Briefly illustrate the bending moment distribution for the beam shown in Figs. 3-1(a) and (b), and identify the point where the buckling deformation becomes greatest. In this context, determine which flange—namely the

top or bottom—experiences greater buckling deformation. Additionally, ensure that the maximum bending moment caused by the distributed load is less than the maximum bending moment occurring at the beam ends.

- (4) 図 3-1(a)と比較して図 3-1(b)では、弾性横座屈モーメントがどのように変化するか、(3-1)式を用いて説明せよ。

Explain how the elastic buckling moment changes in Figure 3-1(b) compared to Figure 3-1(a), using Equation (3-1).

- (5) 図 3-1(b)に示すように横補剛材として小梁が大梁に取り付くとき、その接合を図 3-1(c)とした。この大梁と小梁の配置および接合方法（ウェブボルト接合）とする理由を述べよ。

When a lateral bracing beam is attached to a large beam as shown in Figure 3-1(b), the joint configuration is detailed in Figure 3-1(c). In this context, explain the rationale for adopting this arrangement for the main beam and the bracing beam, as well as the choice of the web bolt joint method.

- (6) 図 3-1(b)および(c)の場合の横補剛材の設計方針を簡潔に説明せよ。

Briefly explain the design policy for the lateral buckling bracings as illustrated in Figure 3-1(b) and (c).

問題 3-2 次の問に答えよ。(15 点)

Question 3-2 Answer the following questions. (15 marks)

- (1) 次の鋼種のうち、基準強度が高い順に並べよ。

SN400, SA440, SM490, BCP295

List the following steel grades in order of their design strength, from highest to lowest.

SN400, SA440, SM490, BCP295

- (2) SN 材には、A,B,C の鋼種がある。それぞれの特徴と用途を簡潔に述べよ。

Japanese steel grade “SN” is classified into A, B, and C grades. Briefly explain the characteristics and applications of each grade.

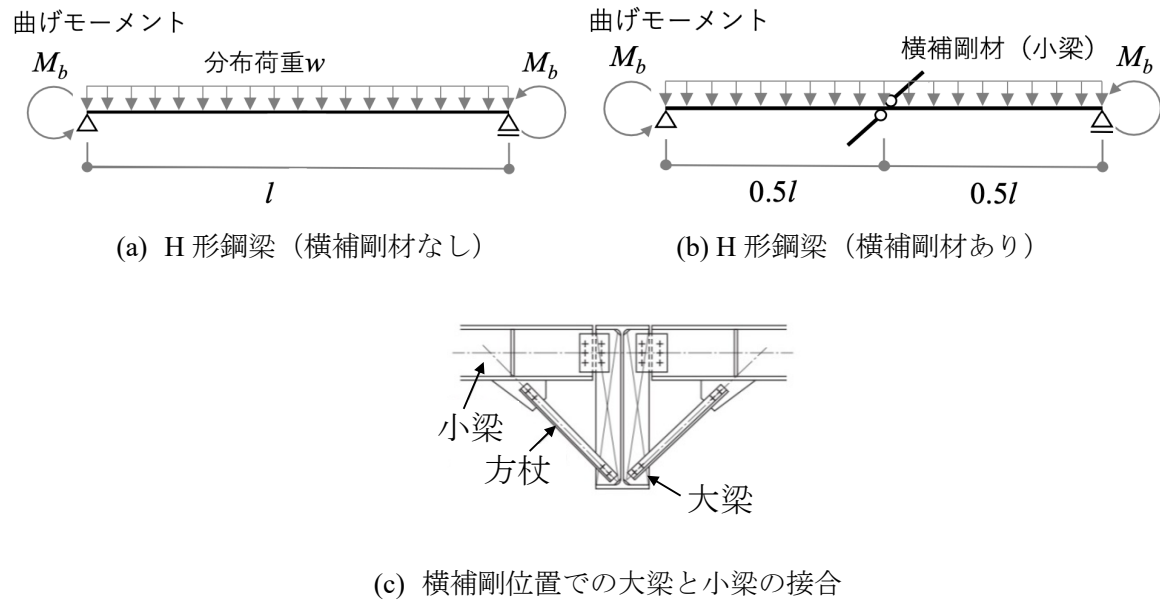


図 3-1 分布荷重と曲げモーメントを受ける H 形鋼梁の横座屈

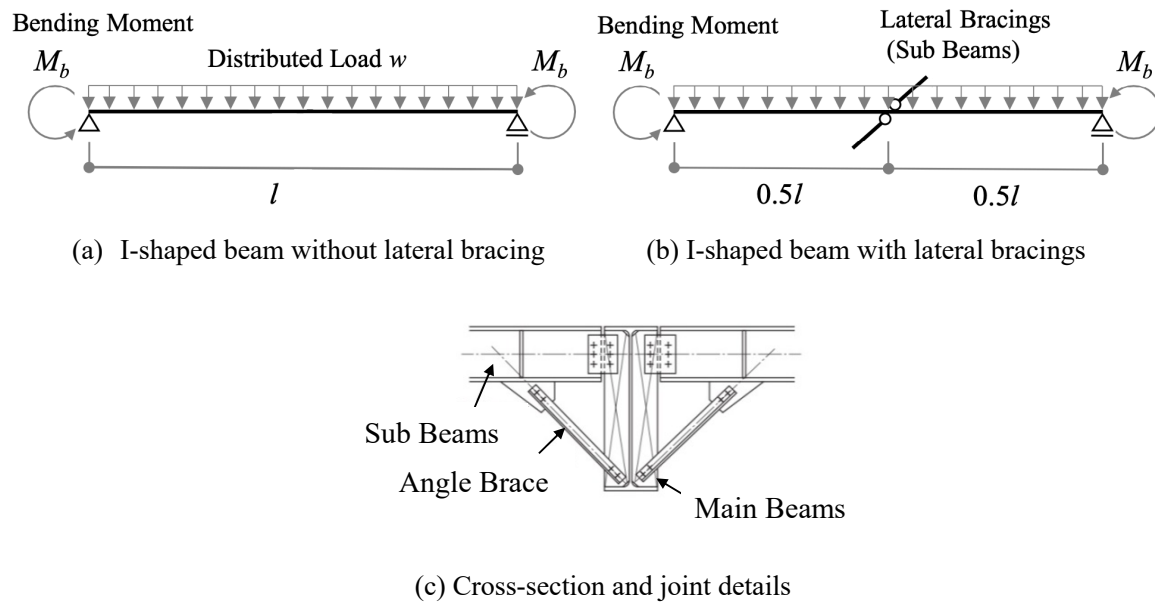


Figure 3-1 Lateral buckling of I-shaped beam subjected to distributed load and bending moment

問題 4 鉄筋コンクリート構造に関する以下の問に答えなさい。(計 55 点)

Question 4 Answer the following questions on reinforced concrete structures (Subtotal 55 marks)

問題 4-1 (35 点)

Question 4-1 (35 marks)

図 4-1 に示すように鉄筋コンクリート造の柱 A, 柱 B, 柱 C の頂部に水平荷重 P と鉛直荷重 N が作用している。柱の断面は図 4-2 のとおりであり、せん断補強筋とコンクリートはすべての柱で共通である。

Horizontal load P and vertical load N are working to reinforced concrete (RC) column A, column B and column C as shown in Fig. 4-1. Column sections are shown in Fig. 4-2. The same lateral reinforcement and concrete are used in all the columns.

- (1) 柱が弾性の時の頂部の水平変位 δ_A , δ_B , δ_C の比を求めなさい。

Calculate the ratio of horizontal displacement in elastic state at the top of columns, δ_A , δ_B and δ_C .

- (2) 柱 A, 柱 B, 柱 C の中で、せん断破壊する可能性が高い順番を理由とともに説明しなさい。また、せん断破壊を防止するための対策を説明しなさい。

Explain the order in which column A, column B and column C are most likely to fail in shear, together with the reasons. Also explain the measures taken to prevent shear failure.

- (3) 水平荷重 P が増加するとき、柱 A, 柱 B, 柱 C の水平荷重 P と柱頭の水平変位 δ の関係のグラフを書きなさい。グラフは概形でよいが、曲げひび割れ点、及び、曲げ降伏点の荷重、変形の大小関係が分かるように留意すること。

Draw horizontal load P –displacement δ relationships of column A, column B and column C. The shape of the curves can be approximated in such a way that the differences in load and displacement at the cracking and flexural yielding points are clearly understood.

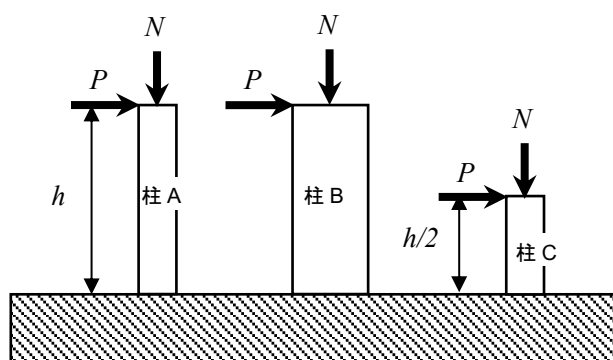


図 4-1

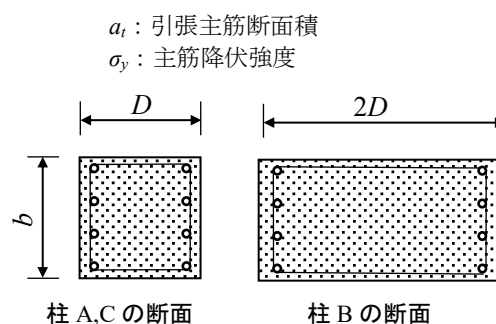


図 4-2

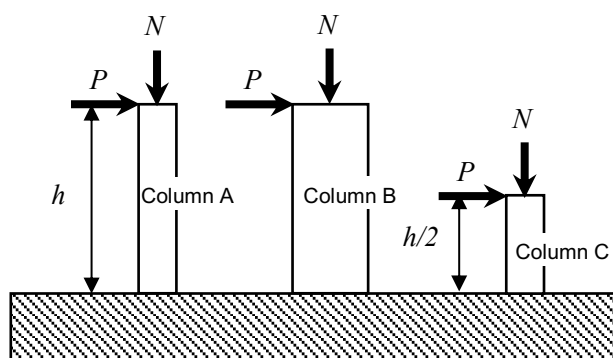


Figure 4-1

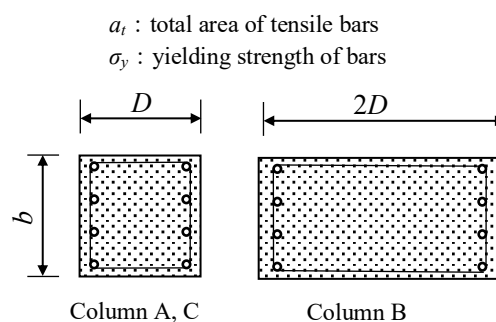


Figure 4-2

問題 4-2 (20 点)

Question 4-2 (20 marks)

- (1) 図 4-3 に示すように正方形のコンクリートにせん断応力度 τ が作用しているとき、ひび割れは 45° の方向に発生する。コンクリート引張強度を f_t とすると、ひび割れ発生時のせん断応力度 $\tau_{cr} = f_t$ となることを説明しなさい。

When the square concrete is subjected to shear stress τ as shown in Figure 4-3, crack occurs in the 45° direction.

Explain that the shear cracking stress $\tau_{cr} = \text{concrete tensile strength } f_t$.

- (2) 図 4-4 に示すように正方形のコンクリートにせん断応力度 τ と Y 方向の圧縮応力度 σ が作用している。ひび割れ発生時のせん断応力度 $\tau_{cr} = f_t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_t}}$ となることを説明しなさい。

When the square concrete is subjected to shear stress τ and compressive stress σ in Y direction as shown in

Figure 4-4. Explain that the shear cracking stress $\tau_{cr} = f_t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_t}}$.

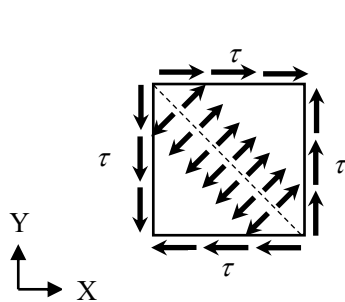


図 4-3

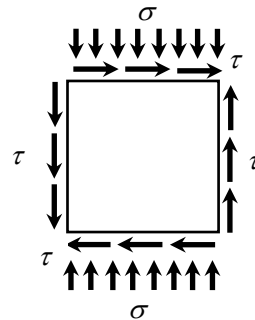


図 4-4

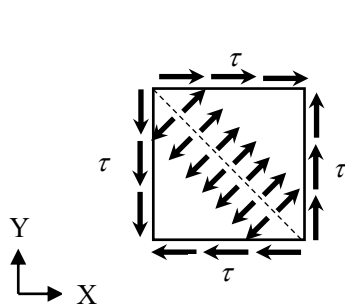


Figure 4-3

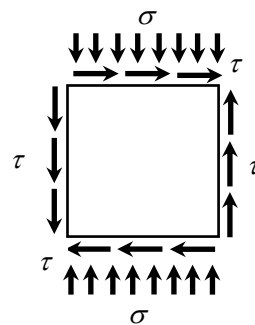


Figure 4-4

問題5 構造物の振動に関する下記の問に答えなさい。(計 35 点)

Question 5 Answer the following questions about vibration of structures. (Total 35 marks)

2 層建物を図 5-1 のような 2 質点系に置換したモデルの振動を考える。1 層, 2 層の質量をそれぞれ m_1, m_2 , 水平剛性を k_1, k_2 , 粘性減衰係数を c_1, c_2 , 地表に対する水平変位を x_1, x_2 , 質点にかかる外力を P_1, P_2 とする。以下の問に答えなさい。

Consider the vibration state of two degree-of-freedom (DOF) system shown in Fig. 5-1, which is obtained by modeling a two-story building. Letting the 1st and 2nd story masses be m_1 and m_2 , the horizontal stiffnesses be k_1 and k_2 , the viscous damping coefficients be c_1 and c_2 , the horizontal displacements relative to the ground surface be x_1 and x_2 , the horizontal forces applied to the masses be P_1 and P_2 , respectively. Answer the following questions.

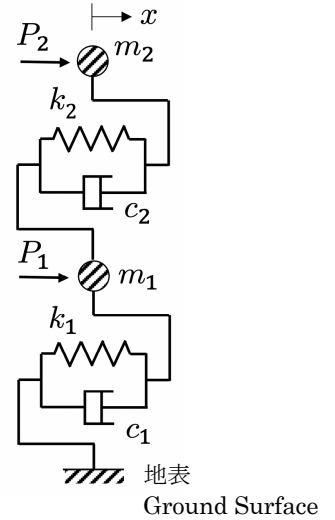


図 5-1 2 質点系モデル
Fig. 5-1 2 DOF model

- (1) 質点系の力の釣り合い式は(5-1)式で表される。ここで \dot{x}, \ddot{x} はそれぞれ変位 x の時間に関する 1 階及び 2 階微分を表す。質量行列 \mathbf{M} , 剛性行列 \mathbf{K} , 粘性減衰行列 \mathbf{C} を $m_1, k_1, c_1, m_2, k_2, c_2$ のうち必要なものを用いてそれぞれ書き表せ。

The equation of motion (equilibrium of forces) of the system is represented as equation (5-1), where \dot{x} and \ddot{x} are 1st and 2nd derivative of displacement x with respect to time. Represent the mass matrix \mathbf{M} , the stiffness matrix \mathbf{K} , and the viscous damping matrix \mathbf{C} , respectively, by using necessary terms from $m_1, k_1, c_1, m_2, k_2, c_2$.

$$\mathbf{M} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{Bmatrix} + \mathbf{C} \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{Bmatrix} + \mathbf{K} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} \quad (5-1)$$

- (2) 質点系に水平地動加速度 \ddot{z}_g のみが作用した時, (5-1)式の外力項 P_1, P_2 を $\ddot{z}_g, m_1, k_1, c_1, m_2, k_2, c_2$ のうち必要なものを用いてそれぞれ書き表せ。

When only the ground acceleration \ddot{z}_g is applied to the system, represent the external force terms P_1 and P_2 in equation (5-1), respectively, by using necessary terms from $\ddot{z}_g, m_1, k_1, c_1, m_2, k_2, c_2$.

- (3) $m_1 = m_2 = 1 \times 10^5$ (kg), $k_1 = 600 \times 10^5$ (N/m), $k_2 = 400 \times 10^5$ (N/m), $c_1 = c_2 = 0$ のとき, 1 次と 2 次の固有円振動数をそれぞれ求めよ。

When $m_1 = m_2 = 1 \times 10^5$ (kg), $k_1 = 600 \times 10^5$ (N/m), $k_2 = 400 \times 10^5$ (N/m), $c_1 = c_2 = 0$, determine the 1st and 2nd natural circular frequencies, respectively.

- (4) (3)において, 1 次と 2 次の固有モードを 1 層に対する 2 層の符号付振幅比としてそれぞれ求めよ。

Under the condition of (3), determine the 1st and 2nd eigen modes, respectively, as amplitude ratios of the 2nd story relative to the 1st story with plus/minus sign.

- (5) k_1 を小さくし, c_1 を大きくすると基礎免震建物の振動モデルに近づく。耐震建物と基礎免震建物の振動特性の違いを説明しなさい。必要ならば図を描いても良い。

By decreasing k_1 and increasing c_1 , the system vibration characteristics become similar to that of base-isolated system. Explain the difference of vibration characteristics between conventional building and base-isolated building. Draw diagrams if necessary.

問題 6 建築防災工学に関する以下の問に答えなさい。(計 35 点)

Question 6 Answer the following questions regarding building disaster prevention engineering.
(Subtotal 35 marks)

(1) 「直接基礎」と「杭基礎」の特徴とメリット，デメリットを説明しなさい。(15 点)

Explain the characteristics, advantages and disadvantages of the spread foundation and the pile foundation. (15 marks)

(2) 柱と壁の間に設ける構造スリットの役割について説明しなさい。(10 点)

Explain the function of structural slits between columns and walls. (10 marks)

(3) 多文化共生社会における避難所運営の留意点を 5 つ答えなさい。(10 点)

Answer 5 points to consider when managing an evacuation center in a multicultural society. (10 marks)